

## PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 07-153979

(43)Date of publication of application : 16.06.1995

(51)Int.Cl.

H01L 31/0232

H01L 33/00

(21)Application number : 05-300326

(71)Applicant : NIPPON TELEGR &amp; TELEPH CORP &lt;NTT&gt;

(22)Date of filing : 30.11.1993

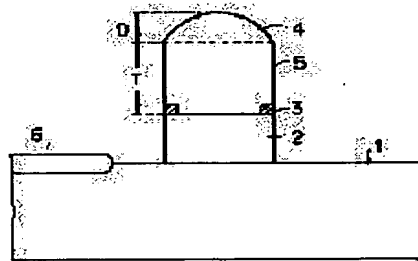
(72)Inventor : YAMADA TAKESHI

## (54) SURFACE ELEMENT

## (57)Abstract:

PURPOSE: To enable easy production and higher coupling efficiency between a light emitting element and photo-detection element.

CONSTITUTION: On a substrate 1, a light emitting element 2, consisting of a semiconductor, which emits light in the direction vertical to the substrate surface is provided, and a convex lens 4 is mounted on the light emitting surface of the light emitting element 2, and optical distance between the tip of convex lens 4 and the surface of the light emitting element 2 is made larger than the radius of curvature of convex lens 4.



## LEGAL STATUS

[Date of request for examination]

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

[Date of registration]

[Number of appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of extinction of right]

Copyright (C); 1998,2003 Japan Patent Office

BEST AVAILABLE COPY

\* NOTICES \*

JPO and NCIP are not responsible for any damages caused by the use of this translation.

1. This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.

2. \*\*\*\* shows the word which can not be translated.

3. In the drawings, any words are not translated.

---

CLAIMS

---

[Claim(s)]

[Claim 1] The two-dimensional component which it is the two-dimensional component which has the light emitting device which consists of a semi-conductor formed on the substrate, and outputs light perpendicularly to the substrate side concerned, and the luminescence side convex lens or concave mirror of said light emitting device is loaded, and is characterized by the optical distance of the tip of said convex lens or said concave mirror and the luminescence side of said light emitting device being larger than the radius of curvature of this convex lens or a concave mirror.

[Claim 2] The two-dimensional component which is a two-dimensional component which has the photo detector which consists of a semi-conductor and inputs the light from a perpendicular

direction to the substrate side concerned on a substrate, and is characterized by loading the light-receiving Men convex lens or concave mirror of said photo detector.

---



---



---

DETAILED DESCRIPTION

---

[Detailed Description of the Invention]

[0001]

[Industrial Application] This invention relates light to the two-dimensional component which absorbs the light emission or from said perpendicularly to a substrate side among the light emitting device which consists of a semi-conductor, and a photo detector.

[0002]

[Description of the Prior Art] In recent years, the demand of large-capacity-izing of the signal transmission between integrated circuit devices and in an integrated circuit device and improvement in the speed is strong with the advancement of an integrated circuit, and high integration. The approach of changing an electrical signal into light as one of the approach of the, and transmitting is proposed. For example, as it is in jar NARUOBU solid-state circuit (IEEE JOURNAL OF SOLID-STATE CIRCUITS) 1990 volume [ per year / 25th ] No. 1 109 pages, there is a method

of transmitting a signal to another integrated circuit device with light from an integrated circuit device. Although the signal outputted from the light emitting device on one integrated-circuit-device substrate is received by the photo detector on the integrated-circuit-device substrate of another side, when the distance between substrates separated, it had the fault that the rate which receives joint effectiveness, i.e., the lightwave signal from a light emitting device, by the photo detector was very small.

[0003] In order to solve this, as it is in three photonics technology Letters (IEEE PHOTONICS TECHNOLOGY LETTERS) 1991 No. 8 761 pages per year, the method of inserting a lens between a light emitting device and a photo detector, and raising joint effectiveness is proposed.

[0004]

[Problem(s) to be Solved by the Invention] However, by the conventional approach mentioned above, the relative position of three persons of a substrate with a light emitting device, a lens, and a substrate with a photo detector needed to be doubled, time and effort was taken, and the mechanical structure of holding the physical relationship had the fault of the need.

[0005] The purpose of this invention is easy to manufacture and is to offer the two-dimensional component which can enlarge joint effectiveness between a light emitting device and a photo detector.

[0006]

[Means for Solving the Problem] The two-dimensional component of this invention which attains said purpose is a two-dimensional component which has the light emitting device which consists of a semi-conductor formed on the substrate, and outputs light perpendicularly to the substrate side concerned, and the luminescence side convex lens or concave mirror of said light emitting device is loaded, and it is characterized by the optical distance of the tip of said convex lens or said concave mirror and the luminescence side of said light emitting device being larger than the radius of curvature of this convex lens or a concave mirror.

[0007] Moreover, other two-dimensional components concerning this invention are two-dimensional components which have the photo detector which consists of a semi-conductor and inputs the light from a perpendicular direction to the substrate side concerned on a substrate, and are characterized by loading the light-receiving side convex lens or concave mirror of said photo detector.

[0008] On the luminescence side of the two-dimensional light emitting device produced on the substrate, with a substrate, when emitting light to an opposite direction, this invention forms a concave mirror, respectively, when emitting light through a substrate in a convex lens again, and takes the larger

optical distance of a convex lens, or the tip of a concave mirror and a luminescence side than the radius of curvature of a convex lens or a concave mirror.

[0009] Moreover, on the light-receiving side of the two-dimensional photo detector created on the substrate, with a substrate, in receiving light from an opposite direction and receiving a convex lens through a substrate, it forms a concave mirror, respectively.

[0010]

[Function] In this invention, or it forms the luminescence side convex lens or concave mirror of a two-dimensional light emitting device, the joint effectiveness between a light emitting device and a photo detector can be raised by forming the light-receiving side convex lens or concave mirror of a two-dimensional photo detector. Moreover, since the lens or mirror installs the luminescence side top of a light emitting device, or a lens directly on the light-receiving side of a photo detector, the alignment can be performed in the process which produces a light emitting device or a photo detector, and the common usual photograph process, and can be realized easily.

[0011]

[Example] Hereafter, the example of this invention is explained to a detail with reference to a drawing.

[0012] Drawing 1 is the typical sectional view of the two-dimensional component of

the 1st example of this invention. For a light emitting device and 3, as for a lens and 5, an electrode and 4 are [ 1 / a substrate and 2 / an interlayer and 6 ] integrated circuits. The light emitting device 2 is formed on the substrate 1. Although the integrated circuits (IC) 6, such as a drive circuit of a light emitting device 2 and a digital disposal circuit, are accumulated on the substrate 1, this may be prepared separately. A current is supplied using the electrode taken out via a part of semi-conductor layer which forms the electrode 3, the substrate 1, or substrate 1 on a component, and this drives a light emitting device 2, and it emits light in the direction where a substrate 1 is opposite. A lens 4 is formed on a light emitting device 2. Rather than the radius of curvature given from the configuration, a lens 4 adjusts an interlayer's 5 thickness if needed, and it is formed so that the direction of the distance of the tip of a lens 4 and the luminescence side of a light emitting device 2 may become large. What is necessary is here, for the distance of the tip of a lens 4 and the luminescence side of a light emitting device 2 to be an optical distance, and just to convert it into the distance in the refractive index of the quality of the material which forms a lens 4, when there is an interlayer 5 of the refractive index of the quality of the material which forms a lens 4, and a different refractive index.

[0013] Drawing 2 shows the joint effectiveness at the time of installing a photo detector in a light emitting device and the location which counters using the light emitting device of drawing 1 </A>. The diameter of luminescence of a light emitting device shows the ratio of joint effectiveness in case there is nothing with the case where there is a lens at the time of changing the thickness (D:micrometer) of the lens section 4 and an interlayer's 5 thickness (T:micrometer) using the lens 4 and interlayer 4 which 40 micrometers and the diameter of light-receiving of a photo detector set distance of 50 micrometers, lens 4 tip, and a photo detector to 100 micrometers, and a lens 4 presupposes that they are them some balls, and they become from the same refractive index. It means that joint effectiveness decreases conversely here when the ratio of joint effectiveness uses a lens 4 less than one. Incidentally, the radius of curvature of a lens changes with the thickness of a lens 4, as for radius of curvature, by about 40 micrometers and  $D = 20$  micrometers, radius of curvature becomes 20 micrometers at  $D = 10$  micrometers in thickness of a lens 4, and, in the distance which added an interlayer's 5 thickness T, and thickness D of a lens 4, and the distance to which radius of curvature becomes equal, the rate of joint effectiveness has become 1 in drawing 2. As shown in drawing 2, to making the effectiveness using a lens

discover, the distance of the tip of a lens 4 and a light-emitting part needs to be larger than radius of curvature. For example, if there are 16 micrometers or more of thickness of a lens 4 when an interlayer's 5 thickness T is 10 micrometers, joint effectiveness can be enlarged, and joint effectiveness can be enlarged if an interlayer's 5 thickness T 8 micrometers or more has the thickness of a lens 4 in 40 micrometers. When there is no interlayer 5 ( $T = 0$  micrometer), the configuration near [ micrometers / 20 / , i.e., a semi-sphere, / or more ] a ball is required for the thickness of a lens 4. What is necessary is to be also able to use the matter of a different refractive index from a lens 4 as an interlayer 5, and just to consider the optical distance converted into the refractive index of the lens matter in that case. In addition, the radius of curvature of a concave mirror will be expressed with negative, and the optical distance of the tip of a concave mirror and a luminescence side will always be large irrespective of the configuration of a mirror.

[0014] Drawing 3 is the typical sectional view of the two-dimensional component of the 2nd example of this invention. For a light emitting device and 13, as for a lens and 15, an electrode and 14 are [ 11 / a substrate and 12 / an interlayer and 16 ] integrated circuits. The light emitting device 12 is formed on the substrate 11. Although the integrated circuits (IC) 16,

such as a drive circuit of a light emitting device and a digital disposal circuit, are accumulated on the substrate 11, this may be prepared separately. A current is supplied using the electrode taken out via a part of semi-conductor layer which forms the electrode 13, the substrate 11, or substrate 11 on a component, and this drives a light emitting device 12, and it emits light in the direction where a substrate is opposite. The lens 14 is formed on the light emitting device 12. Rather than the radius of curvature given from the configuration, the lens 14 is formed so that the direction of the distance of the tip of a lens 14 and the luminescence side of a light emitting device 12 may become large using an interlayer 15 if needed. The interlayer 15 of this example is formed over the range larger than a light emitting device 12. For this reason, a lens 14 is producible over the range larger than the luminescence side of a light emitting device 12. In addition, in this example, although the interlayer 15 is shown only in the periphery of a light emitting device 12 like illustration, you may prepare all over a substrate 11 top as occasion demands.

[0015] Drawing 4 is the typical sectional view of the two-dimensional component of the 3rd example of this invention. For a substrate and 22, as for an electrode and 27, a light emitting device and 23 are [ 21 / the quality of support and 28 ] mirrors.

The light emitting device 22 is formed on the substrate 21. Although integrated circuits (IC), such as a drive circuit of a light emitting device 22 and a digital disposal circuit, are accumulated on the substrate 21, this may be prepared separately. A current is supplied using the electrode taken out via a part of semi-conductor layer which forms the electrode 23, the substrate 21, or substrate 21 on a component, and this drives a light emitting device 22, and it emits light in the direction of a substrate 21. On a light emitting device 22, the quality 27 of support of a lens configuration is formed, and the mirror 28 is attached by means, such as vacuum evaporation and a spatter, on it. Rather than the radius of curvature given from the configuration, the quality 27 of support of a lens configuration is formed so that the direction of distance with the tip of the quality 27 of support, i.e., the tip of a mirror 28, and the luminescence side of a light emitting device 22 may become large. In addition, what is necessary is just to perform adjustment of this distance by using an interlayer if needed. A part is outputted to the quality 27 side of support among the light emitted from the light emitting device 22. This light is reflected in a substrate 21 side by the mirror 28. At this time, a mirror 28 can carry out the same work as the lens in drawing 1 , and can gather joint effectiveness with the photo detector

put on the location where a substrate side counters.

[0016] Drawing 5 is the typical sectional view of the two-dimensional component of the 4th example of this invention. For a substrate and 33, as for a lens and 35, an electrode and 34 are [ 31 / an interlayer and 39 ] photo detectors. The photo detector 39 is formed on the substrate 31. Although integrated circuits (IC), such as an amplifying circuit of a photo detector and a digital disposal circuit, are accumulated on the substrate 31, this may be prepared separately. A photo detector 39 changes into an electrical signal the lightwave signal which carried out incidence to the substrate 31 from the opposite direction, and this signal is taken out as an electrical signal between the electrodes taken out via a part of semi-conductor layer which forms between the electrodes 33 on a component or an electrode 33, a substrate 31, or a substrate 31. A lens 34 is formed on a photo detector 39. Although an interlayer 35 is convenient when the thicker one increases joint effectiveness, there is no limitation like [ in the case of the light emitting device mentioned above ]. Moreover, especially this is not limited, either, although it is convenient when the one where the thickness and the diameter of a lens 34 are also larger increases joint effectiveness.

[0017] In addition, what is necessary is just to load a concave mirror on the

light-receiving side of a photo detector, in receiving the light from a substrate side by this invention. In this case, incidence of the light which penetrated the photo detector can be again carried out to a photo detector, and joint effectiveness can be improved similarly.

[0018] In this invention, glass, a crystal, polymeric materials, etc. can be used as the quality of the material of a lens and an interlayer. Especially polymeric materials can use means, such as spreading, and are the the best for this configuration. In order to produce this structure, when using a thermoplastic macromolecule as a lens, using the mark used for producing a light emitting device or a photo detector, and a common mark, a cylindrical shape can be used, reactive ion etching etc. can be produced on a light emitting device or a photo detector, correctly and easily, and it can be made a lens configuration by heating this more than a glass transformation point. Moreover, it forms on a light emitting device or a photo detector correctly at a round shape etc. using the mark which used the resist for producing a light emitting device or a photo detector after depositing the layer for considering as a lens with the middle class, when glass, a crystal, a thermosetting giant molecule, etc. are used, and a common mark, and this can be heated, it can consider as the shape of a lens, and a lens configuration can be produced by carrying out [ delete /

by reactive ion etching ]. Moreover, not only a convex lens but a lens configuration can be considered as full NERURENZU. In this case, a pattern can be written correctly and easily using the mark used for producing a light emitting device or a photo detector in a lens layer, and a common mark, and it can produce using reactive ion etching etc.

[0019] (Example 1) The buffer layer which becomes some Si substrates which have a drive circuit from a GaAs layer, the distorted superlattice layer which consists of an InGaAs layer / an InP layer, and an InP layer was formed, the laminating of the n mold InP, an InGaAsP layer, an InGaAsP/InGaAs multiplex quantum well layer, an InGaAsP layer, a p-InP layer, and the p-InGaAs layer was carried out on this buffer layer, and the two-dimensional light emitting device with a diameter of 40 micrometers was produced. 30 micrometers of fluoride polymethylmethacrylates were applied on this light emitting device, and then 15 micrometers of deuteration polymethylmethacrylates were applied. Besides the resist was applied, the same pattern as a light emitting device was formed on the component with the photo mask based on the mark used for producing a light emitting device, and the cylindrical shape was produced by reactive ion etching using oxygen. This was heated at about 250 degrees C after

resist removal, and the tip of a macromolecule was made into the shape of a lens. The radius of curvature of the produced lens was about 20 micrometers.

[0020] Thus, when the produced two-dimensional component and the photo detector produced on other substrates were combined, compared with the case where a lens is not produced, one about 1.5 times the joint effectiveness of this was obtained.

[0021] (Example 2) The laminating of an n mold GaAs layer, an AlGaAs layer, an AlGaAs quantum well layer, an AlGaAs layer, a p-AlGaAs layer, and the p-GaAs layer was carried out to some GaAs substrates which have an integrated circuit, and the two-dimensional light emitting device with a diameter of 30 micrometers was produced. 50 micrometers of poly benzyl methacrylate were applied on this light emitting device. Besides the resist was applied, the Fresnel lens pattern was exposed on the light emitting device by electron beam lithography based on the mark used for producing a light emitting device, and the lens was produced by reactive ion etching using oxygen. The radius of curvature of the produced lens was about 15 micrometers.

[0022] Thus, when the formed two-dimensional component and the photo detector produced on other substrates were combined, compared with the case where a lens is not

produced, one about 1.8 times the joint effectiveness of this was obtained.

[0023] (Example 3) The laminating of an n mold InP layer, an InGaAsP layer, an InGaAsP/InGaAs multiplex quantum well layer, an InGaAsP layer, a p-InP layer, and the p-InGaAs layer was carried out to the InP substrate, and the two-dimensional light emitting device with a diameter of 50 micrometers was produced. 50 micrometers of polyimide fluoride film were applied on this light emitting device. Besides the resist was applied, the 60-micrometer round shape was formed on the light emitting device with the photo mask based on the mark used for producing a light emitting device, this was heated at about 300 degrees C, and the tip of a resist was made into the shape of a lens. Next, the resist configuration was imprinted on the polyimide film by reactive ion etching using oxygen. On this configuration, aluminum was vapor-deposited and it considered as the mirror. The radius of curvature of the produced mirror is [about]. It was 150 micrometers.

[0024] Thus, when the formed two-dimensional component was combined with the photo detector which let the substrate pass and was produced on other substrates, compared with the case where a lens is not produced, one about 1.2 times the joint effectiveness of this was obtained.

[0025] (Example 4) The buffer layer

which becomes some Si substrates which have an amplifying circuit from a GaAs layer, the distorted superlattice layer which consists of an InGaAs layer / an InP layer, and an InP layer was formed, the laminating of an InAlAs layer, an InGaAs absorption layer, an InAlAs/InGaAs superlattice well layer, and the InAlAs layer was carried out on this buffer layer, the tandem-type electrode was further attached on this, and the two-dimensional photo detector of 50-micrometer angle of metal semiconductor metal structure was produced. 40 micrometers of fluoride polymethylmethacrylates were applied on this photo detector, and then 10 micrometers of deuteration polymethylmethacrylates were applied. Besides the resist was applied, the circular pattern with a diameter of 100 micrometers was formed with the photo mask based on the mark used for producing a photo detector, etching was performed for 5 minutes by reactive ion etching using oxygen, and heights were formed. This was heated at about 250 degrees C after resist removal, and heights were made into the shape of a lens. The radius of curvature of the produced lens was about 300 micrometers.

[0026] Thus, when the formed two-dimensional component and the light emitting device produced on other substrates were combined, compared with the case where a lens is not

produced, one about 1.15 times the joint effectiveness of this was obtained.

[0027]

[Effect of the Invention] If the two-dimensional component of this invention is used as explained above, the time and effort which can combine efficiently between the light emitting devices or photo detectors which were prepared in other substrates or a substrate rear face, and the alignment takes is sharply omissible. Moreover, the maintenance device of a lens is also unnecessary and such structure is useful especially as a component used between chips and for the optical interconnection in a chip etc.

[Drawing 4] It is the typical sectional view of the two-dimensional component of the 3rd example of this invention.

[Drawing 5] It is the typical sectional view of the two-dimensional component of the 4th example of this invention.

[Description of Notations]

- 1, 11, 21, 31 Substrate
- 2, 12, 22 Light emitting device
- 3, 13, 23, 33 Electrode
- 4, 14, 24, 34 Lens
- 5, 15, 25, 35 Interlayer
- 6, 16, 26 Integrated circuit
- 27 Quality of Support
- 28 Mirror
- 39 Photo Detector

---

[Translation done.]

---

## DESCRIPTION OF DRAWINGS

---

[Brief Description of the Drawings]

[Drawing 1] It is the typical sectional view of the two-dimensional component of the 1st example of this invention.

[Drawing 2] It is drawing showing the joint effectiveness at the time of installing a photo detector in a light emitting device and the location which counters using the light emitting device of drawing 1.

[Drawing 3] It is the typical sectional view of the two-dimensional component of the 2nd example of this invention.

# BEST AVAILABLE COPY

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開平7-153979

(43) 公開日 平成7年(1995)6月16日

(51) Int.Cl. <sup>6</sup>	識別記号	庁内整理番号	F I	技術表示箇所
H 0 1 L 31/0232				
33/00	M			
	N			
		7630-4M	H 0 1 L 31/ 02	D

審査請求 未請求 請求項の数2 O L (全 5 頁)

(21) 出願番号 特願平5-300326

(22) 出願日 平成5年(1993)11月30日

(71) 出願人 000004226

日本電信電話株式会社

東京都千代田区内幸町一丁目1番6号

(72) 発明者 山田 武

東京都千代田区内幸町1丁目1番6号 日

本電信電話株式会社内

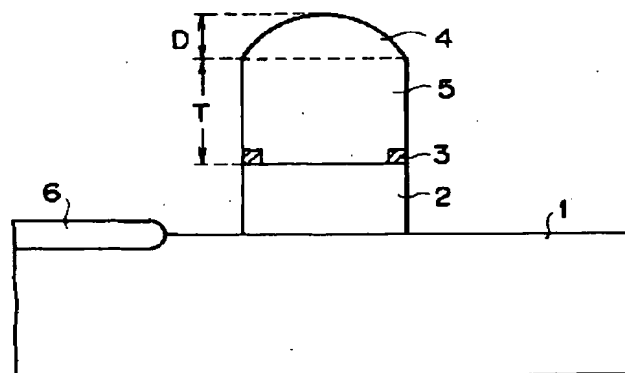
(74) 代理人 弁理士 谷 義一 (外1名)

(54) 【発明の名称】 面型素子

(57) 【要約】

【目的】 製造が容易で、発光素子と受光素子との間の結合効率を大きくすることが可能な面型素子を提供する。

【構成】 基板1上に半導体からなり当該基板面に対して垂直方向に光を出力する発光素子2を設け、発光素子2の発光面上に凸レンズ4を装荷し、前記凸レンズ4の先端と前記発光素子2の発光面との光学的距離が凸レンズ4の曲率半径より大きくする。



(2)

## 【特許請求の範囲】

【請求項1】 基板上に設けられた半導体からなり当該基板面に対して垂直方向に光を出力する発光素子を有する面型素子であって、前記発光素子の発光面上に凸レンズまたは凹型ミラーが装荷されており、前記凸レンズまたは前記凹型ミラーの先端と前記発光素子の発光面との光学的距離が該凸レンズまたは凹型ミラーの曲率半径より大きいことを特徴とする面型素子。

【請求項2】 基板上に半導体からなり当該基板面に対して垂直方向からの光を入力する受光素子を有する面型素子であって、前記受光素子の受光面上に凸レンズまたは凹型ミラーを装荷したことを特徴とする面型素子。

## 【発明の詳細な説明】

## 【0001】

【産業上の利用分野】本発明は、半導体よりなる発光素子および受光素子のうち、基板面に対して垂直方向に光を放出または同方向からの光を吸収する面型素子に関する。

## 【0002】

【従来の技術】近年、集積回路の高度化、高集積化に伴い、集積回路素子間や集積回路素子内の信号伝送の大容量化、高速化の要求が強くなっている。その方法の一つとして電気信号を光に変換して送信する方法が提案されている。例えば、ジャーナルオブソリッドステートサーキット (IEEE JOURNAL OF SOLID-STATE CIRCUITS) 1990年第25巻1号109頁にあるように、集積回路素子から別の集積回路素子へ信号を光で伝達する方法がある。一方の集積回路素子基板上の発光素子から出力された信号を他方の集積回路素子基板上の受光素子で受光するものであるが、基板間の距離が離れた場合には結合効率すなわち発光素子からの光信号を受光素子で受光する割合が非常に小さいという欠点を有していた。

【0003】これを解決するためにフォトリソグラフィ技術 (IEEE PHOTONICS TECHNOLOGY LETTERS) 1991年3巻8号761頁にあるように、発光素子と受光素子との間にレンズを挿入して結合効率を向上させるという方法が提案されている。

## 【0004】

【発明が解決しようとする課題】しかし、上述した従来の方法では、発光素子のある基板、レンズ、および受光素子のある基板の三者の相対位置を合わせる必要があり、手間がかかり、その位置関係を保持する機械的構造が必要という欠点を有していた。

【0005】本発明の目的は、製造が容易で、発光素子と受光素子との間の結合効率を大きくすることが可能な面型素子を提供することにある。

## 【0006】

【課題を解決するための手段】前記目的を達成する本

明の面型素子は、基板上に設けられた半導体からなり当該基板面に対して垂直方向に光を出力する発光素子を有する面型素子であって、前記発光素子の発光面上に凸レンズまたは凹型ミラーが装荷されており、前記凸レンズまたは前記凹型ミラーの先端と前記発光素子の発光面との光学的距離が該凸レンズまたは凹型ミラーの曲率半径より大きいことを特徴とする。

【0007】また、本発明に係る他の面型素子は、基板上に半導体からなり当該基板面に対して垂直方向からの光を入力する受光素子を有する面型素子であって、前記受光素子の受光面上に凸レンズまたは凹型ミラーを装荷したことを特徴とする。

【0008】本発明は基板上に作製された面型の発光素子の発光面上に、基板とは反対方向に発光する場合は凸レンズを、また、基板を通して発光する場合は凹型ミラーをそれぞれ形成し、凸レンズまたは凹型のミラーの先端と発光面との光学的距離を凸レンズまたは凹型のミラーの曲率半径より大きくとったものである。

【0009】また、基板上に作成された面型の受光素子の受光面上に、基板とは反対方向から受光する場合には凸レンズを、基板を通して受光する場合には凹型ミラーをそれぞれ形成したものである。

## 【0010】

【作用】本発明では面型発光素子の発光面上に凸レンズまたは凹型ミラーを形成するまたは面型受光素子の受光面上に凸レンズまたは凹型ミラーを形成することにより発光素子と受光素子との間の結合効率を向上させることができる。また、そのレンズまたはミラーは発光素子の発光面上もしくはレンズを受光素子の受光面上に直接設置するためその位置合わせは発光素子もしくは受光素子を作製するプロセスと共通の通常のプロセスで行うことができ容易に実現できる。

## 【0011】

【実施例】以下、図面を参照して本発明の実施例を詳細に説明する。

【0012】図1は本発明の第1の実施例の面型素子の模式的断面図である。1は基板、2は発光素子、3は電極、4はレンズ、5は中間層、6是集積回路である。基板1上に発光素子2が形成されている。基板1上には発光素子2の駆動回路や信号処理回路などの集積回路 (IC) 6が集積されているが、これは別途設けられていても良い。発光素子2は素子上の電極3と基板1または基板1を形成する半導体層の一部を経由して取り出された電極とを用いて電流が供給され、これにより駆動されるもので、基板1とは反対の方向に光を放射する。発光素子2上にはレンズ4が形成される。レンズ4は、その形状から与えられる曲率半径よりも、必要に応じて中間層5の厚さを調整して、レンズ4の先端と発光素子2の発光面との距離の方が大きくなるように形成されている。

ここで、レンズ4の先端と発光素子2の発光面との距離

(3)

3

は、光学的な距離であり、レンズ4を形成する材質の屈折率と異なる屈折率の中間層5が有る場合にはレンズ4を形成する材質の屈折率における距離に換算すれば良い。

【0013】図2は図1の発光素子を用い、発光素子と対向する位置に受光素子を設置した場合の結合効率を示している。発光素子の発光径は $40\mu\text{m}$ 、受光素子の受光径は $50\mu\text{m}$ 、レンズ4先端と受光素子との距離は $100\mu\text{m}$ とし、レンズ4が球の一部であるとし、同一屈折率よりなるレンズ4と中間層4とを用い、レンズ部4の厚さ(D: $\mu\text{m}$ )と中間層5の厚さ(T: $\mu\text{m}$ )とを変えた場合の、レンズが有る場合と無い場合の結合効率の比を示している。ここで結合効率の比が1未満は、レンズ4を用いることにより逆に結合効率が減少することを意味している。ちなみに、レンズ4の厚さによりレンズの曲率半径は変わり、レンズ4の厚さD= $10\mu\text{m}$ では曲率半径は約 $40\mu\text{m}$ 、D= $20\mu\text{m}$ では曲率半径は $20\mu\text{m}$ となり、中間層5の厚さTとレンズ4の厚さDとを加えた距離と曲率半径が等しくなる距離は図2では結合効率の割合は1となっている。図2に示すように、レンズを用いた効果を発現させるにはレンズ4の先端と発光部との距離が曲率半径よりも大きい必要がある。例えば中間層5の厚さTが $10\mu\text{m}$ の場合にはレンズ4の厚さが $16\mu\text{m}$ 以上あれば結合効率を大きくでき、中間層5の厚さTが $40\mu\text{m}$ ではレンズ4の厚さが $8\mu\text{m}$ 以上あれば結合効率を大きくできる。中間層5が無い場合には(T= $0\mu\text{m}$ )レンズ4の厚さは $20\mu\text{m}$ 以上、すなわち半球よりも球に近い形状が必要である。中間層5としてはレンズ4と異なる屈折率の物質を用いることもでき、その場合にはレンズ物質の屈折率に換算した光学的距離を考えればよい。なお、凹型のミラーの曲率半径は負で表され、凹型ミラーの先端と発光面との光学的距離は、ミラーの形状にかかわらず常に大きいことになる。

【0014】図3は本発明の第2の実施例の面型素子の模式的断面図である。11は基板、12は発光素子、13は電極、14はレンズ、15は中間層、16是集積回路である。基板11上に発光素子12が形成されている。基板11上には発光素子の駆動回路や信号処理回路などの集積回路(IC)16が集積されているが、これは別途設けられていても良い。発光素子12は素子上の電極13と基板11または基板11を形成する半導体層の一部を経由して取り出された電極とを用いて電流が供給され、これにより駆動されるもので、基板とは反対の方向に光を放射する。発光素子12上にはレンズ14が形成されている。レンズ14は、その形状から与えられる曲率半径よりも、必要に応じて中間層15を用いてレンズ14の先端と発光素子12の発光面との距離の方が大きくなるように形成されている。本実施例の中間層15は発光素子12よりも広い範囲にわたって形成されて

4

いる。このためレンズ14は発光素子12の発光面よりも広い範囲にわたって作製することができる。なお、本実施例では図示のように発光素子12の周辺部のみに中間層15を示してあるが必要により基板11上全面に設けてもよい。

【0015】図4は本発明の第3の実施例の面型素子の模式的断面図である。21は基板、22は発光素子、23は電極、27は支持物質、28はミラーである。基板21上に発光素子22が形成されている。基板21上には発光素子22の駆動回路や信号処理回路などの集積回路(IC)が集積されているが、これは別途設けても良い。発光素子22は素子上の電極23と基板21または基板21を形成する半導体層の一部を経由して取り出された電極とを用いて電流が供給され、これにより駆動されるもので、基板21の方向に光を放射する。発光素子22上にはレンズ形状の支持物質27が形成され、その上にミラー28が蒸着やスパッタ等の手段により取り付けられている。レンズ形状の支持物質27は、その形状から与えられる曲率半径よりも、支持物質27の先端、すなわちミラー28の先端と発光素子22の発光面との距離の方が大きくなるように形成されている。なお、この距離の調整は必要に応じて中間層を用いることにより行えばよい。発光素子22から放射された光の内一部は支持物質27側に出力される。この光はミラー28により基板21側に反射される。このときミラー28は図1におけるレンズと同一の働きをし、基板側の対向する位置に置かれた受光素子との結合効率を上げることができる。

【0016】図5は本発明の第4の実施例の面型素子の模式的断面図である。31は基板、33は電極、34はレンズ、35は中間層、39は受光素子である。基板31上に受光素子39が形成されている。基板31上には受光素子の増幅回路や信号処理回路などの集積回路(IC)が集積されているが、これは別途設けられていても良い。受光素子39は基板31と反対方向から入射した光信号を電気信号に変換するもので、この信号は素子上の電極33の間もしくは電極33と基板31または基板31を形成する半導体層の一部を経由して取り出された電極との間で電気信号として取り出される。受光素子39上にはレンズ34が形成される。中間層35は厚い方が結合効率を増大する上で都合が良いが、上述した発光素子の場合のような限定はない。また、レンズ34の厚さおよび直径も大きい方が結合効率を増大する上で都合が良いが、これも特に限定されるものではない。

【0017】なお、本発明で基板側からの光を受光する場合には、受光素子の受光面上に凹型ミラーを装荷すればよい。この場合には受光素子を透過した光を再び受光素子に入射する事ができ、同様に結合効率を向上することができる。

【0018】本発明において、レンズおよび中間層の材

(4)

5

質としては、ガラスや結晶や高分子材料などを用いることができる。特に高分子材料は塗布等の手段を用いることができ、本構成に最適である。本構造を作製するには、例えばレンズとして熱可塑性高分子を用いる場合には発光素子もしくは受光素子を作製するに用いたマークと共通のマークを用いて正確かつ容易に発光素子もしくは受光素子上に円筒形を反応性イオンエッチング等を用いて作製することができ、これをガラス転位点以上に加熱することによりレンズ形状にすることができる。また、ガラスや結晶、熱硬化性高分子等を用いる場合には、中間層とレンズとするための層とを堆積した後、レジストを発光素子もしくは受光素子を作製するに用いたマークと共通のマークを用いて正確に発光素子もしくは受光素子上に円形等に形成し、これを加熱してレンズ状とし、反応性イオンエッチングで削る等することによりレンズ形状を作製することができる。また、レンズ形状は凸レンズのみならずフルネルレンズとすることも可能である。この場合には、レンズ層に発光素子もしくは受光素子を作製するに用いたマークと共通のマークを用いて正確かつ容易にパターンを書き、反応性イオンエッチング等を用いて作製することができる。

【0019】(実施例1) 駆動回路を有するSi基板の一部にGaAs層、InGaAs層/InP層よりなる歪超格子層、およびInP層からなるバッファ層を形成し、このバッファ層上にn型InP、InGaAsP層、InGaAsP/InGaAs多重量子井戸層、InGaAsP層、p-InP層、およびp-InGaAs層を積層して直径40 $\mu$ mの面型の発光素子を作製した。この発光素子上にフッ化ポリメチルメタクリレート30 $\mu$ m塗布し、次に重水素化ポリメチルメタクリレート15 $\mu$ m塗布した。この上にレジストを塗布し、発光素子を作製するに用いたマークをもとにフォトリソで発光素子と同一パターンを素子上に形成し、酸素を用いた反応性イオンエッチングで円筒形を作製した。レジスト除去後、これを約250 $^{\circ}$ Cに加熱し、高分子の先端をレンズ状とした。作製したレンズの曲率半径は約20 $\mu$ mであった。

【0020】このように作製された面型素子と、他基板上に作製した受光素子とを結合させたところ、レンズを作製しない場合に比べて約1.5倍の結合効率を得た。

【0021】(実施例2) 集積回路を有するGaAs基板の一部にn型GaAs層、AlGaAs層、AlGaAs量子井戸層、AlGaAs層、p-AlGaAs層、およびp-GaAs層を積層して直径30 $\mu$ mの面型の発光素子を作製した。この発光素子上にポリベンジルメタクリレート50 $\mu$ m塗布した。この上にレジストを塗布し、発光素子を作製するに用いたマークをもとに電子線露光で発光素子上にフレネルレンズパターンを露光し、酸素を用いた反応性イオンエッチングでレンズを作製した。作製したレンズの曲率半径は約15 $\mu$ mで

6

あった。

【0022】このように形成された面型素子と、他基板上に作製した受光素子とを結合させたところ、レンズを作製しない場合に比べて約1.8倍の結合効率を得た。

【0023】(実施例3) InP基板に、n型InP層、InGaAsP層、InGaAsP/InGaAs多重量子井戸層、InGaAsP層、p-InP層、およびp-InGaAs層を積層して直径50 $\mu$ mの面型の発光素子を作製した。この発光素子上にフッ化ポリイミド膜を50 $\mu$ m塗布した。この上にレジストを塗布し、発光素子を作製するに用いたマークをもとにフォトリソで発光素子上に60 $\mu$ mの円形を形成し、これを約300 $^{\circ}$ Cに加熱し、レジストの先端をレンズ状とした。次に酸素を用いた反応性イオンエッチングでレジスト形状をポリイミド膜に転写した。この形状の上にアルミを蒸着してミラーとした。作製したミラーの曲率半径は約150 $\mu$ mであった。

【0024】このように形成した面型素子を基板を通して、他基板上に作製した受光素子と結合させたところ、レンズを作製しない場合に比べて約1.2倍の結合効率を得た。

【0025】(実施例4) 増幅回路を有するSi基板の一部にGaAs層、InGaAs層/InP層よりなる歪超格子層、およびInP層からなるバッファ層を形成し、このバッファ層上にInAlAs層、InGaAs吸収層、InAlAs/InGaAs超格子井戸層、およびInAlAs層を積層し、さらにこの上に櫛型電極を付けてメタル・セミコンダクタ・メタル構造の50 $\mu$ m角の面型の受光素子を作製した。この受光素子上にフッ化ポリメチルメタクリレート40 $\mu$ m塗布し、次に重水素化ポリメチルメタクリレート10 $\mu$ m塗布した。この上にレジストを塗布し、受光素子を作製するに用いたマークをもとにフォトリソで直径100 $\mu$ mの円形パターンを形成し、酸素を用いた反応性イオンエッチングで5分間エッチングを行い凸部を形成した。レジスト除去後、これを約250 $^{\circ}$ Cに加熱し、凸部をレンズ状とした。作製したレンズの曲率半径は約300 $\mu$ mであった。

【0026】このように形成した面型素子と、他基板上に作製した発光素子とを結合させたところ、レンズを作製しない場合に比べて約1.15倍の結合効率を得た。

【0027】

【発明の効果】以上説明したように、本発明の面型素子を用いれば、他基板や基板裏面に設けた発光素子あるいは受光素子との間で効率よく結合することができ、かつその位置合わせに要する手間を大幅に省略することができる。またレンズの保持機構も不用であり、このような構造はチップ間やチップ内の光インターコネクションなどに用いる素子として特に有用である。

【図面の簡単な説明】

## BEST AVAILABLE COPY

(5)

7

8

【図1】本発明の第1の実施例の面型素子の模式的断面図である。

【図2】図1の発光素子を用い、発光素子と対向する位置に受光素子を設置した場合の結合効率を示す図である。

【図3】本発明の第2の実施例の面型素子の模式的断面図である。

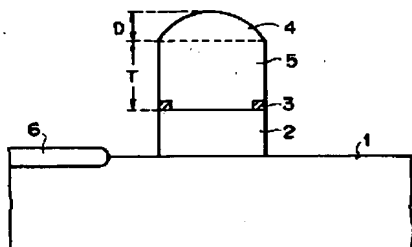
【図4】本発明の第3の実施例の面型素子の模式的断面図である。

【図5】本発明の第4の実施例の面型素子の模式的断面図である。

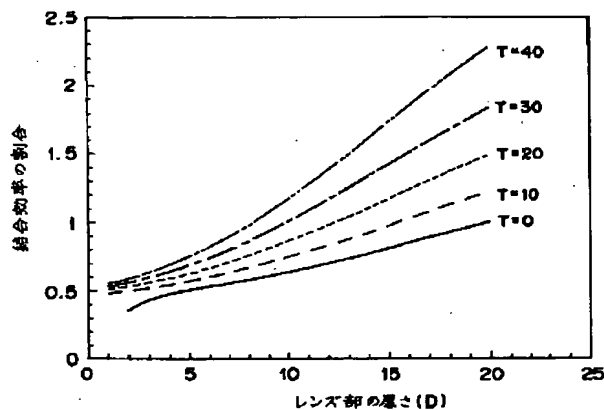
## 【符号の説明】

- 1, 11, 21, 31 基板  
 2, 12, 22 発光素子  
 3, 13, 23, 33 電極  
 4, 14, 24, 34 レンズ  
 5, 15, 25, 35 中間層  
 6, 16, 26 集積回路  
 27 支持物質  
 28 ミラー  
 39 受光素子

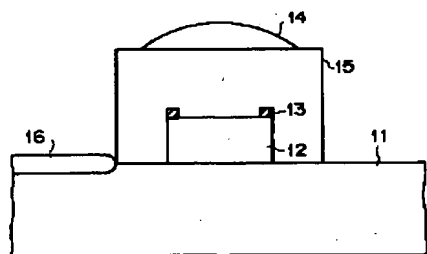
【図1】



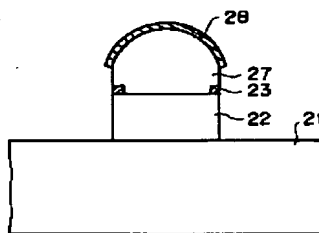
【図2】



【図3】



【図4】



【図5】

